Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen
Direktor: Prof. Dr. Rebel

Ueber die Bakterizidie der Silikatzemente und Silberamalgame und deren sog. Bakteriendurchlässigkeit

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität zu Göttingen

vorgelegt am 9. Februar 1938

von

Karl-August Homborg
appr. Zahnarzt aus Bochum

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i.w.
1938

Dekan: Prof. Dr. W. Krantz.

Berichterstatter: Prof. Dr. H. H. Rebel.

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Februar 1938.

Die Silikatzemente und die Silberamalgame haben bekanntlich in weitem Umfang die Gold- und Zinngoldfüllungen und die gebrannte Porzellanfüllung abgelöst. Dies ist an sich verständlich, wenn man bedenkt, daß die Technik des Füllens eine wesentlich einfachere und daß der ästhetische Effekt, wenigstens soweit die Silikatzemente in Frage kommen, sehr bedeutend ist. Kritische Beobachter haben aber schon bald gewisse Einwendungen gegen beide Materialen erhoben. Die Silikatzemente beschuldigte man wegen des Auftretens von Erscheinungen seitens der Pulpa, die chronisch entzündlichen Charakter zeigten und kurze oder längere Zeit nach dem Legen der Füllung ausgelöst wurden. Bei den Silberamalgamen fand man des öfteren sekundäre Karies, trotz guten Randschlusses. Für das Auftreten der sekundären Karies nach dem Legen einer Silberamalgamfüllung könnte man das nicht sorgfältige und nicht einwandfreie Fortnehmen des kariösen Materiales als Grund angeben, oder aber es besteht die Möglichkeit einer Wanderung von Bakterien durch das Silberamalgam, die eine Reinfektion verursachen. — Bei den Silikatzementen machte man zunächst das Arsen verantwortlich, das sich in den ersten industriellen Präparaten nachweislich gefunden hat. Später wurde vor allem auf die Phosphorsäure hingewiesen. Weiter dachte man an die Möglichkeit, daß Bakterien längs des Kontraktionsspaltes zwischen Füllung und fester Zahnwand durch das Zahnbein zur Pulpa gelangten und als für diese Pulpenschädigung verantwortlich hingestellt wurden. — Nach Diener hat das Freiwerden von Phosphorsäure seinen Grund in der nach der Abbindung der Silikatzemente stattfindenden Hydratisation. Die Spaltbildung ist die Folge einer Kontraktion des Füllungsmaterials, die nach Proell groß genug sein soll, um den Bakterien durch den auftretenden Kontraktionsspalt, wie oben beschrieben, den Weg zum Zahnbein zu gewähren. Noch mehr als bei den Silberamalgamen besteht bei den Silikaten die Möglichkeit einer direkten Durchwanderung des Füllungsmaterials eben als Folge der Porosität des abgebundenen Silikat-Füllungsmaterials.

Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen dieser Bakteriendurchlässigkeit von Füllungsmaterialien zeigen bei den Silikatzementen ein wechselvolles Bild von Ergebnissen, während die Silberamalgame allgemein als bakteriendicht angesehen wurden.

Proell (1913) und Meister (1929) fanden Bakteriendichte. Die Mehrzahl: Seitz-Weigele (1920), Roth (1921), Gäbler (1935) fanden Bakteriendurchlässigkeit. Streich 1936) kam zu einem geteilten Ergebnis, indem er für einige Zemente Bakteriendichte, für andere Bakteriendurchlässigkeit fand. Andere, wie Kulka (1909), Bertzbach (1929) schließen von der Farbdurchlässigkeit auf die Durchlässigkeit für Bakterien. — Aus den erwähnten Ergebnissen geht klar hervor, daß die Frage der Bakteriendurchlässigkeit oder Dichte der Silikatzemente bis heute noch nicht endgültig und übereinstimmend beantwortet werden kann. Im folgenden wollen wir versuchen, einen Beitrag zur endgültigen Beantwortung zu geben.

Vor der Berichterstattung über die eigentlichen Versuche ist noch das Wichtigste aus dem Schrifttum über solche Faktoren zu bringen, von welchen die Eignung des Füllungsmaterials wesentlich abhängt. Wir meinen hier folgendes: das Mischungsverhältnis, das Anrühren bzw. Anmischen der beiden Komponenten der zu untersuchenden Füllungsmaterialien, die Möglichkeit, im Experiment die Mundverhältnisse weitgehend darstellen zu können, die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen über bakterienhemmende Wirkung der beiden Materialien, Porosität und Säureabgabe und endlich die bisher verwandten Prüfungsmethoden zum Nachweis der Bakteriendurchlässigkeit.

Werden die Komponenten der Silikatzemente und Silberamalgame im richtigen, optimalen Verhältnis zusammengebracht und verarbeitet, dürfen zu starke Kontraktion, zu hohe Säureabgabe, erhöhte Porosität usw. nicht vorkommen. Das normale Mischungsverhältnis zwischen Silikatpulver und Silikatflüssigkeit wurde von Proell, Kulka und anderen in der Weise gefunden, daß sie rein gefühlsmäßig anmischten und nach dem Anrühren der beiden Komponenten die sog. Spatelprobe vornahmen. Das Material war hiernach dann normal angemischt, wenn das mit dem Spatel hochgezogene, angerührte Material in 1—1½ cm Höhe abriß. Untersuchten obengenannte Autoren nur das normale Mischungsverhältnis, so trat seit Dieck eine Änderung in dieser Hinsicht ein. Dieck untersuchte die Silikatzemente normal, dünn und dick angerührt, was aber auch noch rein gefühlsmäßig geschah. Erst in den letzten Jahren haben Autoren wie Linke, Schmidt, Gäbler, Gerlach, Streich auf die Notwendigkeit der gewichtsmäßigen Bestimmung des Mischungsverhältnisses hingewiesen. Linke findet das optimale Mischungsverhältnis mit Hilfe des Nadeldruckapparates von Dieck und nennt ein Silikatzement dann normal angemischt, wenn nach 10 Minuten Ab-

bindezeit kein Eindruck der Nadel des Nadeldruckapparates mehr zurückbleibt. Durch das gewichtsmäßige Bestimmen des Mischungsverhältnisses werden die Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Autoren genauer und übereinstimmender.

Schmidt geht sogar soweit, daß er 6 Mischungsverhältnisse unterscheidet. — Wird zu dünn angemischt und angerührt, besteht die Möglichkeit einer stärkeren Kontraktion und einer erhöhten Säureabgabe; wird zu dick angerührt, werden Teile des Silikatpulvers nicht von der Zementflüssigkeit gebunden, es besteht die Gefahr einer geringeren Kantenfestigkeit, einer erhöhten Porosität. —

Nicht minder wesentlich ist natürlich das richtige Anrühren. Neben Sauberkeit hat man vor allen Dingen auf Faktoren wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit während des Anrührens zu achten. Im übrigen kann man sich an die Vorschriften der Firmen halten, die in ihren Anweisungen zur Genüge auf das richtige Anrühren eingehen. Es darf eben nicht der Fehler gemacht werden, auf den Linke auch schon aufmerksam machte, daß man nach dem Anrühren noch Säure zugibt, um ein etwas dünneres Gemisch zu bekommen, da durch diese Säure die chemische Reaktion gestört wird; denn diese ist dann im Gange, und die Säure findet kein Pulver mehr vor, das gebunden werden kann. Es ist klar, daß diese Säure nicht gerade günstig auf das umgebende Zahngewebe wirken wird. Es kommt zu einer Auflösung des festen anorganischen Materials (Entkalkung) und zu einer Verätzung der organischen Substanz (Eiweißfällung).

Was die Mundverhältnisse betrifft, so stimmen wir Streich zu, daß es wohl wenig wichtig ist, sich so eng an die Mundverhältnisse zu halten, wie es Proell und Seitz-Weigele getan haben, indem der eine das umgebende Zahngewebe durch Nährbouillon ersetzte und Seitz-Weigele extrahierte Zähne für die Versuche heranziehen. Ist es überhaupt möglich, diese Verhältnisse, wie sie im Munde vorliegen, genau wiederzugeben, bei dieser Kompliziertheit und Vielheit von Faktoren? Natürlich muß man die wichtigsten Faktoren berücksichtigen, wie Einwirkung der Bakterien von einer Seite aus, Temperatur, Feuchtigkeit; das sind Dinge, die man nicht außer acht lassen darf, wenn man grobe Fehler vermeiden will. Die beste Versuchsmethode zur Prüfung der Bakteriendurchlässigkeit von Füllungsmaterialien bestünde in einer Lagerung derselben in mit Testbakterien versehenem Speichel (Streich). Die Farbdurchlässigkeit ist auf diese Weise schon vorgenommen worden; da aber die Farbstoffmoleküle bedeutend kleiner sind als die Bakterien, würde ein solcher

Versuch, mit Bakterien durchgeführt, sehr viel Zeit in Anspruch nehmen.

Ehe Gäbler mit der Untersuchung der Bakteriendurchlässigkeit begann, prüfte er die bakterizide bzw. bakterienhemmende Wirkung von Silikatzementen ohne und mit Zusatz (Heilzement), beide Teile für sich und im angerührten abgebundenen Zustand und fand für die sog. Heilzemente eine keimtötende Wirkung, die aber rasch diese Wirkung infolge Auslaugung des Zusatzes verlieren. Gerlach ist derselben Meinung; er spricht ebenfalls von einer Auslaugung des keimtötenden Zusatzes und sagt, daß nach kürzerer oder längerer Zeit, je nachdem, ob der Zusatz leicht- oder schwerlöslich ist, eine bakterienhemmende bzw. bakterizide Wirkung nicht mehr zu beobachten sei. Miller (1884), Rohrer (1922) und Hattyassy untersuchten bereits die Desinfektionswirkung von Zementen und kamen zu dem Ergebnis, daß die Ursache der bakteriziden bzw. bakterienhemmenden Wirkung der Zemente in der der Zementflüssigkeit beigemischten Phosphorsäure zu suchen sei. Heinroth (1924) fand für Zementpulver und Zementflüssigkeit gesondert eine bakterizide bzw. bakterienhemmende Wirkung. Noch während des Mischens bleibt diese erhalten, um 5 Minuten nach erfolgtem Mischen an Wirkung einzubüßen und dann nach einiger Zeit ganz zu schwinden.

Gerlach sagt, daß solange eine bakterienhemmende Wirkung zu beobachten sei, solange noch freie Phosphorsäure zu finden ist. Kulka fand noch nach 21 Tagen freie Phosphorsäure.

Was die Prüfung der bakteriziden bzw. bakterienhemmenden Wirkung von Silberamalgamen betrifft, so sind in dieser Hinsicht ebenfalls Untersuchungen angestellt worden. Allgemein sagt man dem Silber, das in den meisten heutigen industriellen Präparaten zu 50 % enthalten ist, und dem Quecksilber diese keimtötende Wirkung zu als Folge der oligodynamischen Wirkung. Interessant ist es festzustellen, ob diese Wirkung der Oligodynamie den Silberamalgamen auch nach dem Abbinden erhalten bleibt.

Ist vielleicht die Säureabgabe, wenn man so sagen soll, ein Regulator für die Bakterizidie der Silikatzemente, so ist die Porosität gewissermaßen ein solcher für die Bakteriendurchlässigkeit. Ohne Porosität keine Bakteriendurchlässigkeit. Ganz allgemein vom physikalischen Standpunkt aus gesehen, versteht man unter Porosität das Eindringen von Molekülen eines Stoffes zwischen Molikülkomplexe eines anderen Stoffes (Sprungmann 1923).

Kulka (1926) ist der Meinung, daß die Porosität abhängig ist vom Wassergehalt des abgebundenen Füllungsmaterials. Je größer der Wassergehalt, um so größer scheint ihm die Porosität zu sein, infolgedessen fordert er ein Mindestmaß an Wasser.

Eine eigentliche Porositätsmessung, außer einer qualitativen Messung von Kulka, ist bis heute bei den Silikatzementen noch nicht vorgenommen worden, wohl aus dem Grunde der wechselvollen Verhältnisse, die die Porosität beeinflussen (z. B. Luftfeuchtigkeit), die beim Abbinden und schon vorher beim Anrühren des zu untersuchenden Materials immer verschieden sein können.

Bei den Amalgamen besteht die Möglichkeit, daß die Bakterien längs der Kristallgrenzflächen ihren Weg durch die Füllung nehmen; eine direkte Porosität halten wir für ausgeschlossen. Es bestünde allerdings die Möglichkeit des Durchwanderns der Bakterien durch die Poren minimal amalgamierter Folien.

Zum Schluß des theoretischen Teiles sollen noch einige Versuchsmethoden erwähnt werden, mit deren Hilfe andere ihre Untersuchungen der Bakteriendurchlässigkeit von Silikatzementen vornahmen. Die im folgenden beschriebenen Methoden von Proell und von Seitz-Weigele wurden auch für die Amalgame angewandt.

Proell (1913) verwandte ein Glasröhrchen, an dessen einem Ende sich das zu untersuchende Material befand und an den Rändern gut abgedichtet war. In das Röhrchen, oberhalb des angebrachten Füllungsmaterials, wurde eine Bakterienaufschwemmung gefüllt. Das Röhrchen wurde mit einem sterilen Wattepfropf verschlossen und wurde so in die Halsöffnung eines größeren Kölbchens, das mit Nährbouillon gefüllt war, aufgehängt, daß das Röhrchen in die Bouillon tauchte, und zwar soweit, daß der Stand der Nährbouillon einige Zentimeter höher lag als derjenige der Bakterienaufschwemmung. — Als Testbakterien verwandte Proell das Bacterium coli, zur Bereitung der Aufschwemmung steriles dest. Wasser.

Seitz-Weigele (1920) versuchten eine möglichst genaue Nachahmung der Mundverhältnisse. Sie legten daher in extrahierte Zähne Kavitäten mit Einbeziehung des Pulpenkavum bis zum oberen Teil der Wurzelpulpa einschließlich. Die bei der Präparation der Kavität nicht erfaßten Wurzelteile wurden abgeschnitten. Die so vorbehandelten Zähne wurden mit den zu untersuchenden Füllungsmaterialien gefüllt, nachdem die Zähne vorher noch sterilisiert waren. Okklusal war die Kavität nicht ganz gefüllt, damit Raum genug zur Aufnahme der Bakterienauf-

schwemmung vorhanden war. Die Zähne wurden bis zum Zahnhals in einen Pappkarton gesteckt, hier gut abgedichtet und reichten mit ihren freien Wurzelenden in ein Gefäß mit steriler Nährbouillon. Der Versuch wurde insofern abgeändert, als in das Füllungsmaterial direkt nach dem Füllen eine enge Glasröhre versenkt wurde, die zur Aufnahme der Bakterienaufschwemmung gedacht war, um ein Durchwandern der Bakterien durch einen in etwa auftretenden Kontraktionsspalt unmöglich zu machen.

S t r e i c h (1936) stellte sich in einer eigens dazu angefertigten Präzisionsleere zylindrisch geformte, sog. Probekörper her von 10 × 10 mm Ausmaßen, die an einer Seite eine Vertiefung von 3 × 3 mm Ausmaßen zeigten, die zur Aufnahme der Bakterienaufschwemmung bestimmt war. Nachdem die Probekörper 20 Minuten in der Form abgebunden hatten, brachte S t r e i c h dieselben in filtrierten natürlichen Speichel (G e r l a c h). Nach vierwöchiger Speichellagerung wurden die Körper gereinigt und kamen in eine Apparatur, deren Mechanismus eine konstante Feuchtigkeit gewährleistete und die Probekörper vor einer Austrocknung bewahren sollte. Zuvor wurden die Vertiefungen mit einer Bakterienaufschwemmung angefüllt. Die Versuche wurden bei 37° C durchgeführt. Nach 14 Tagen wurden die Körper abermals gesäubert, dann in drei übereinanderliegenden Schichten angebohrt. Der Bohrstaub gelangte auf Endo- bzw. Nähragar. Die Versuche wurden mit dem Bacterium coli und einem Heubazillus als Testbakterien durchgeführt. Als Aufschwemmungsmittel kam sterile Nährbouillon zur Anwendung.

Da uns die Methode von S t r e i c h einfach und unkompliziert erscheint, haben wir dieselbe bei unseren Untersuchungen der Bakteriendurchlässigkeit zur Anwendung gebracht. Unseres Erachtens kommt es in erster Linie nicht darauf an, eine neue Versuchsmethode auszuarbeiten, vielmehr ist in erster Linie das vollste Augenmerk auf ein sauberes, exaktes Arbeiten zu richten. Außer einigen kleinen Abweichungen haben wir uns an den Arbeitsgang der S t r e i c h s c h e n Methode gehalten.

Praktischer Teil.

Der Untersuchung auf Bakteriendurchlässigkeit wurden vier 100%ige Silikatzemente, ein Heilzement und drei Folienamalgame unterzogen. Aus verständlichen Gründen fiel eine Bezeichnung der Materialien fort und dieselben wurden mit fortlaufend römischen Zahlen bezeichnet: die 100%igen Silikatzemente I—IV, das Heilzement V, die Folienamalgame VI—VIII.

Um bei jedem Untersuchungsmaterial dieselben Vorbedingungen zu erfüllen, wurde das Mischungsverhältnis zwischen den einzelnen Komponenten gewichtsmäßig erfaßt.

Da zur Bestimmung des normalen Mischungsverhältnisses eines jeden Silikatzementes eine Menge kostbaren Materials verloren gegangen wäre und da uns die Methode von Linke zur Bestimmung des normalen Mischungsverhältnisses nicht gerade überzeugte, ließen wir uns folgende normale Mischungsverhältnisse von den in Frage kommenden Firmen zuschicken:

I.	100 : 66,2	= 1,2 g	Pulver :	0,714 g	Flüssigkeit
II.	100 : 50	= 1,2 g	Pulver :	0,6 g	Flüssigkeit
III.	100 : 37	= 1,4 g	Pulver :	0,518 g	Flüssigkeit
IV.	100 : 54,05	= 1,2 g	Pulver :	0,6486 g	Flüssigkeit
V.	100 : 41	= 1,4 g	Pulver :	0,574 g	Flüssigkeit

Von diesen normalen Mischungsverhältnissen gelangten wir zu dem Mischungsverhältnis dünn bzw. Mischunsverhältnis dick durch Addition bzw. Subtraktion immer gleicher Prozente: 12 % bzw. 6 %, zu bzw. von den Säurewerten im normalen Mischungsverhältnis.

Das Abwägen der Pulver geschah mit Hilfe der Analysenwage; die Flüssigkeit wurde einer Bürette entnommen. Durch mehrmaliges Abwiegen von 20 Tropfen, was für jede Silikatflüssigkeit vorgenommen wurde, fanden wir durch Division des Tropfengewichtes durch die Anzahl Tropfen das Gewicht eines einzelnen Tropfens, das nahezu mit dem Gewicht eines einzeln abgewogenen Tropfens übereinstimmte.

Das Anrühren geschah auf einer dicken Glasplatte mit einem ovalen Achatspatel. Beide Teile wurden vor dem Gebrauch in kaltem Wasser gut abgekühlt, damit beide Teile beim Anrühren nicht zu warm waren, um so ein rasches Abbinden des anzurührenden Materials zu vermeiden und möglichst hinauszuschie-

ben, da das Stopfen in die Form einige Zeit in Anspruch nimmt. Beide Teile wurden dann, nachdem sie also gut gekühlt waren, mit Alkohol abgerieben, getrocknet, zum Schluß gut entstäubt, um ein Einmengen von feinen Staubteilchen möglichst zu unterbinden.

Beim Anrühren der Silikatzemente wurde auf die Angaben der verschiedenen Firmen möglichst geachtet. Die Zeit des Einmengens des Pulvers in die Flüssigkeit war bei allen Silikaten nach Ablauf von 1 Minute geschehen, das endgültige Anrühren nach 1—1½ Minuten. Die Zeit des Anrührens übersteigt bei einem Zement die diesbezüglichen Angaben der Firma (IV). Beim Anrühren wurde genauestens auf die Luftverhältnisse, wie Temperatur und Feuchtigkeit geachtet. Durchschnittlich herrschte eine Zimmertemperatur von 19—20° C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 45—55, die nahezu einer normalen relativen Luftfeuchtigkeit entspricht. Alle diese Punkte müssen selbstverständlich bei der Verarbeitung der Materialien bei einem Laboratoriumsversuch berücksichtigt werden, da hiervon letztlich die Ergebnisse der Untersuchungen der abgebundenen Zemente abhängig sein können. Zu erwähnen ist nur der Nachteil einer zu hohen Luftfeuchtigkeit, die sich später beim abgebundenen Material evtl. in einer erhöhten Porosität äußern könnte, da doch vor dem Anrühren beide Teile der Silikatzemente einige Zeit mit der Luftfeuchtigkeit in Berührung kommen, eben durch das etwas längerdauernde Abwägen beider Teile im Laboratoriumsversuch verursacht.

Bei den Amalgamen kamen ebenfalls drei Mischungsverhältnisse von jedem Material zur Untersuchung, und zwar das Mischungsverhältnis 4 : 5, das dem Mischungsverhältnis dick entspricht, das Mischungsverhältnis 4,5 : 5 (Mischungsverhältnis normal) und das Mischungsverhältnis 5:5, das dem Mischungsverhältnis dünn gleichkommt. Zum Abwiegen der beiden Komponenten der drei Amalgame bedienten wir uns der Amalgamwage von Schmidt u. Walther. Um bei allen Amalgamen gleiche Vorbedingungen zu erfüllen, wurde überschüssiges Quecksilber nicht ausgepreßt. H a u c h (1922) sagt auch, daß man das angerührte und amalgamierte Amalgam nicht ausdrücken solle, da nicht nur das überschüssige Quecksilber, sondern auch Teile des Amalgams ausgepreßt würden. — Das Anrühren beider Teile der Amalgame geschah im Mörser mit Hilfe eines Glasstabes und solange, bis eine vollkommene Amalgamierung der Amalgamfolien erreicht war. L ö b i c h sagt, daß kein Unterschied bestünde zwischen dem Amalgam, das im Mörser angerührt würde, und dem in einer Mischmaschine angerührten. Wie schon aus nebenstehenden Abbildungen (1, 2, 3) deutlich ersichtlich ist, zeigen die drei Amalgam-

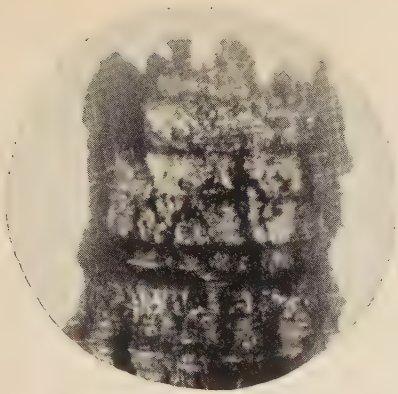

Abb. 1. Amalgam VI

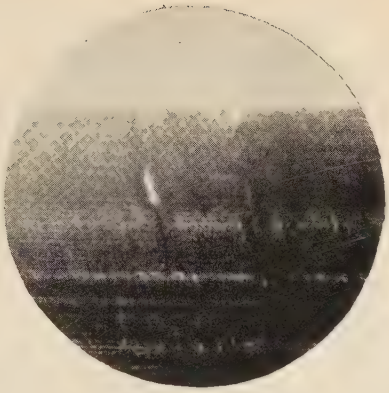

Abb. 2. Amalgam VII

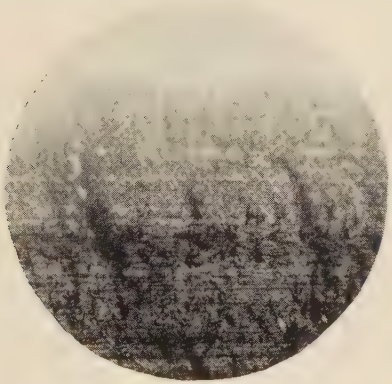

Abb. 3. Amalgam VIII

Amalgamfolien 110fache Vergrößerung.

folien in der Reihenfolge VI, VIII, VII eine verschieden starke Porosität, was natürlich auch die Dauer der Amalgamierung beeinflußt. Außerdem scheinen die Amalgamfolien vom Amalgam VII eine größere Tiefe zu haben, was ebenfalls den Zeitpunkt einer vollkommenen Amalgamierung beeinflussen kann. War dieselbe beim Amalgam VI in kürzester Zeit erreicht, so dauerte eine vollkommene Amalgamierung beim Amalgam VII am längsten, was das normale Mischungsverhältnis angeht. Beim Mischungsverhältnis dünn waren Zeitunterschiede in der Amalgamierung nicht festzustellen, und beim Mischungsverhältnis dick wurde bei allen

Amalgamen keine vollkommene Amalgamierung erzielt, was eine bröckelige Beschaffenheit des Amalgams zur Folge hatte und dieses nur unter festem Stopfen in die Form zu einem einheitlich Ganzen zu zwingen war. Es ist klar, daß derartig angerührtes Material. wie es beim Anrühren des Mischungsverhältnisses dick bei den Amalgamen sich ergab, nicht in der Praxis zur Verwertung kommt. Mängel, die sich bei einem Material ergeben, das zu dick angerührt wird, und an einem Grenzfall wie dem vorliegenden kann man Mängel, die sich bei eine m Material ergeben, das zu dick angerührt ist, bedeutend besser kontrollieren als bei einem Mischungsverhältnis dick, das ungefähr dem normalen gleichkommt. Das Gleiche gilt für das von uns gewählte Mischungsverhältnis dünn (5 : 5).

Nachdem die zu untersuchenden Materialien unter diesen Bedingungen und Verhältnissen angerührt waren, wurden dieselben mit geeigneten Instrumenten in eine eigens für unsere Untersuchungen zur Gestaltung von sog. Probekörpern gebaute Präzisionsleere gefüllt, wie dieselbe von nachstehender Aufnahme wiedergegeben wird (Abb. 4). Der besseren Übersicht halber soll

Abb. 4. Präzisionsleere.

eine Beschreibung erst später folgen. Während die Amalgam-Probekörper direkt nach dem Stopfen in Speichel gelangten, verblieben die Silikatprobekörper zunächst 15 Minuten in der Form. Nach der Entnahme aus der Form wurden die Körper mit einem Lacküberzug versehen und gelangten nach 20 Minuten in Speichel. — Während Gerlach für seine Versuche filtrierten natürlichen Speichel benötigte, nahmen wir unfiltrierten, um so vielleicht Bestandteile dem Speichel zu belassen, die evtl. auf die Einwirkung der Silikat- und Amalgamkörper von Wichtigkeit sein können. — Da die Silikat- und Amalgamkörper 4 Wochen im Speichel verblieben, hätte man an eine Erneuerung des Speichels denken müssen, was unseres Erachtens aber nicht von ausschlaggebender Bedeutung sein wird, da, wie Klie (1937) feststellen konnte, sich der

p_H-Wert des Speichels nicht wesentlich ändert. In den ersten Tagen ein geringes Abweichen zur sauren Seite, das nach Ablauf von einer Woche den niedrigsten Stand erreicht hat, um dann wieder in den nächsten 2—4 Wochen den Neutralpunkt erreicht zu haben.

Die Form besteht aus 4 Teilen, um ein einwandfreies Entnehmen der fertig abgebundenen Probekörper sicherzustellen. Auf der unteren Platte aus Messing, wie überhaupt die ganze Form aus diesem Material besteht, befindet sich ein zylindrischer Zapfen von 5 mm Durchmesser und 5 mm Höhe, der an dem fertigen Probekörper die entsprechende Vertiefung wiedergibt. Außerdem sind an dieser Platte zwei kleinere zylindrische Zapfen, die sog. Führungsstifte, die in entsprechende Löcher des Mittelstückes greifen. Das Mittelstück ist zweiteilig und zeigt eine Bohrung von 10 mm Durchmesser und 10 mm Höhe. Beide Teile des Mittelstückes werden durch zwei Schrauben dicht aneinander gebracht. Verschlossen wird die Form mit einer Platte, die nur zwei Führungsstifte zeigt und nach dem Füllen in einem Feilkloben dicht an die übrige Form gepreßt wird. Die Probekörper geben einen genauen Ausguß der Form wieder, es erübrigt sich, weiter darauf einzugehen. Es soll an dieser Stelle noch erwähnt werden, daß die erste Versuchsreihe der Silikatzementkörper eine näpfchenförmige Vertiefung von 3 mm Durchmesser und 3 mm Höhe hatte, statt der oben angegebenen Maße, die alle weiteren Silikat- und Amalgamkörper hatten. Durch diese Abänderung des S t r e i c h s c h e n Probekörpers wurde eine vergrößerte Angriffsfläche für die Bakterien geschaffen; außerdem war das Füllen dieser vergrößerten näpfchenförmigen Vertiefungen äußerst erleichtert.

Wie schon im theoretischen Teil betont wurde, besteht die Möglichkeit einer Beziehung zwischen bakterizider bzw. bakterienhemmender Wirkung und Säureabgabe der Silikatzemente. In den weiteren Ausführungen und an Hand der Ergebnisse eben erwähnter Untersuchungen wird festzustellen versucht, ob diese Beziehung zu Recht besteht. Bei den Amalgamen wird lediglich die im theoretischen Teil angekündigte Prüfung der bakteriziden bzw. bakterienhemmenden Wirkung abgebundenen Materials untersucht.

Untersucht wird auf bakterizide bzw. bakterienhemmende Wirkung:

1. Silikatzementpulver,
2. Silikatzementflüssigkeit,
3. angerührte Silikate,
4. angerührte Amalgame.

Die erste Versuchsmethode zur Prüfung der Silikatpulver und der Silikatflüssigkeit ging folgendermaßen vor sich. Für jedes Silikatzement kamen drei sterile Reagenzgläser zur Anwendung. In das erste brachten wir ½ g Silikatpulver + 1 ccm dest. Wasser (p_h 6,8), und während in das zweite ½ ccm der Silikatflüssigkeit + ½ ccm dest. Wasser gebracht wurde, füllten wir in das dritte, das sog. Kontrollröhrchen, 1½ ccm dest. Wasser. In jedes Reagenzglas wurden 3 bzw. 2 große Ösen einer dichten Bakterienaufschwemmung gebracht. Als Testbakterien kamen zur Anwendung das Bacterium coli und Staphylococcus aureus. — Trotzdem sofort eine Überimpfung von den drei Gläschen auf Bouillon stattfand, waren bei einigen Silikatflüssigkeiten (Tabelle II und IV) und auch bei dem Pulver des Heilzementes (Tabelle I und III) in dieser kurzen Zeitspanne von 1–1½ Minuten die Bakterien zum Absterben gebracht. Bei den übrigen Silikatpulvern war das Ergebnis geteilt. Wie aus den Tabellen ersichtlich ist, war das Bakterienwachstum in den mit Staphylokokken beimpften Silikatpulvern und Kontrollen fast durchweg zu gleicher Zeit im Wachstum gehemmt, während die mit Coli beimpften Silikatpulver noch nach 5 Tagen Bakterienwachstum zeigten, während in den Kontrollen dieselben schon zum Absterben gekommen waren (Tabelle I und III). Dieses Ergebnis läßt doch die Schlußfolgerung ziehen, daß die Bakterien in dem dest. Wasser + Silikatpulver bessere Lebensbedingungen vorgefunden hatten. Durch p_h-Wertbestimmung konnte festgestellt werden, daß dieser von p_h = 6,8 auf p_h nahezu 8 umgeschlagen war. Das Wasser färbte sich mit Brom thymolblau tiefblau, ein Zeichen einer alkalisch reagierenden Lösung. Durch die Veränderung des p_h-Wertes von der sauren zur alkalischen Seite waren den Bakterien bessere Lebensbedingungen gegeben; denn eine alkalische Lösung stellt einen besseren Nährboden dar.

Tabelle I.

I. Versuch: Testbakterien Coli.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
2 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
4 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
6 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
8 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
21 „	+	+	+	—	+	+	+	+		
32 „	+	+	+	—	+	+	+	+		
3. Tag	+	+	+	—	+	+	+	+		
4. „	+	+	+	—	+	+	+	—		
5. „	+	+	+	—	—	+	+	—		

Tabelle I.

II. Versuch: Testbakterien Coli.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
2 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
4 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
6 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
8 „	+	+	+	+	+	+	+	+		
21 „	+	+	+	+	+	+	+	+		
32 „	+	+	+	+	+	+	+	+		
3. Tag	+	+	+	+	+	+	+	+		
4. „	+	—	+	+	+	—	+	—		
5. „	+	—	+	—	+	—	+	—		

Tabelle II.

I. Versuch: Testbakterien Coli.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	+	+	—	+	+	+	—	+	+	+
2 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+
4 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+

Tabelle II.

II. Versuch: Testbakterien Coli.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	—	+	+	+	—	+	—	+	—	+
2 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+
4 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+

Tabelle III.

I. Versuch: Testbakterien Staphylokokken.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
2 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
4 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
6 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
8 „	+	+	+	+	+	+	+	+		
21 „	—	—	+	+	—	—	+	—		
32 „	—	—	+	—	—	—	+	—		
3. Tag	—	—	+	—	—	—	—	—		
4. „	—	—	—	—	—	—	—	—		

Tabelle III.

II. Versuch: Testbakterien Staphylokokken.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
2 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
4 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
6 „	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
8 „	+	+	+	+	+	+	+	+		
21 „	+	+	+	+	—	+	+	—		
32 „	+	+	—	—	—	—	+	—		
3. Tag	—	—	—	—	—	—	—	—		
4. „	—	—	—	—	—	—	—	—		

Tabelle IV.

I. Versuch: Testbakterien Staphylokokken.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+
2 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+
4 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+

Tabelle IV.

II. Versuch: Testbakterien Staphylokokken.

Zeit	I.	Ko.	II.	Ko.	III.	Ko.	IV.	Ko.	V.	Ko.
0 Std.	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+
2 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+
4 „	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+

Zur Erklärung soll folgendes gesagt werden: Die römischen Zahlen bedeuten die zu untersuchenden Materialien, die Abkürzung Ko. = Kontrolle.

Die zweite Versuchsmethode kam nur für die Überprüfung der bakteriziden bzw. bakterienhemmenden Wirkung der Silikatpulver zur Anwendung. — In je ein steriles Formalinglăschen wurde 1 g Silikatpulver + 1 ccm dest. Wasser gebracht. Nachdem beide Teile gut vermengt waren, wurde diesem Gemisch mit einer sauberen Tropfpipette ein Tropfen entnommen und dieser wurde in die Mitte einer mit Proteus bespachtelten Agarplatte gebracht. Der Versuch wurde täglich wiederholt. Wir wählten Proteus als Testbakterien, da diese rasch wachsende Kolonien zeigen, die sofort ausschwärmen würden, wenn die bakterizide Kraft nachlassen würde, was uns besonders bei dem Heizelement interessiert. Das zum Anrühren der Silikatpulver in den Formalinglăschen sich befindliche Wasser wird jeden Tag mit Hilfe einer sauberen

Pipette abgesogen und durch neues ersetzt, um so ein rasches Auslaugen zu erzielen. Aus nebenstehenden Abb. 5, 6, 7, verglichen

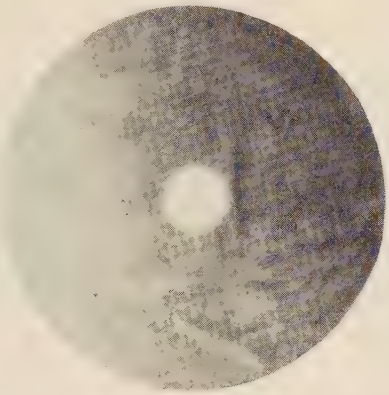

Abb. 5. Silikat I nach 24 Std. keine Hofbildung.

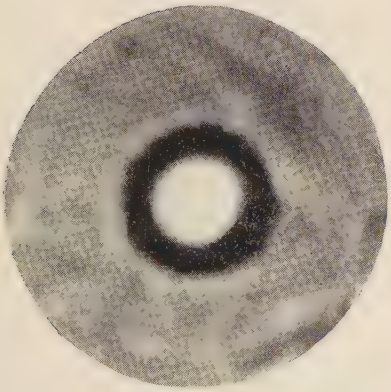

Abb. 6. Nach 24 Std.

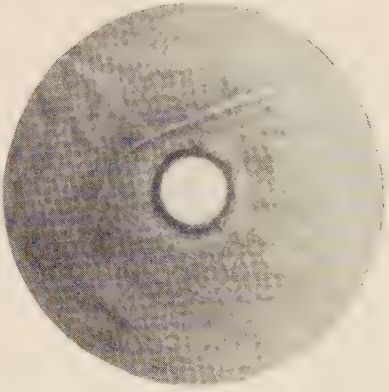

Abb. 7. Nach 6 Tagen.

Silikat V (Heilzement) zeigt ausgeprägte Hofbildung.

mit den oben erwähnten Tabellen ist ersichtlich, daß die Ergebnisse beider Versuchsmethoden übereinstimmen. Das Heilzement zeigt eine ausgeprägt bakterizide Wirkung, die aber nach 6 Tagen schon sehr an Wirkung eingebüßt hat. Die Silikatpulver der 100-prozentigen Silikatzemente haben weder eine bakterizide noch bakterienhemmende Wirkung; sie verhalten sich den Bakterien gegenüber höchstens neutral, mit Wasser zusammengebracht haben sie sogar eine bakterienfördernde Kraft. Die Silikatflüssigkeit hat

eine heftige bakterizide Wirkung, die der in der Flüssigkeit vorhandenen Phosphorsäure zuzuschreiben ist.

Die zur Untersuchung auf bakterizide bzw. bakterienhemmende Wirkung angerührten Silikat- und Amalgamkörper machten nicht die 4wöchige Speichellagerung mit durch, sondern kamen direkt nach dem Abbinden zur Untersuchung. Für oben erwähnte Untersuchung der angerührten Materialien wählten wir das normale Mischungsverhältnis.

Die Untersuchung ging dermaßen vor sich, daß in der Mitte einer sterilen Petrischale, in die kurz vorher mit Coli infizierte Nährgelatine gegossen war, ein Probekörper aufgestellt wurde. Nach 48 Stunden Brutschrankaufenthaltes (22° C) gelangten die Silikatkörper in Speichel, um nach 4—8tägiger Speichellagerung zu der eben beschriebenen Versuchsmethode wieder herangezogen zu werden. Das erste Mal kamen drei Füllungsmaterialien 4 Wochen lang zur Untersuchung (Tabelle V), das zweite Mal alle zu untersuchenden Materalien 10 Tage hindurch (Tabelle VI).

Tabelle V.

I. Versuch. Hofbildung nach Tagen.

Material	1.	8.	14.	21.	28.
II.	—	2,5 mm	3 mm	1½ + 3½ mm	—
V.	2,5 mm	—	—	—	—
VII.	—	—	—	—	—

Tabelle VI.

II. Versuch. Hofbildung nach Tagen.

Material	1.	4.	8.
I.	2 mm gehemmt	—	—
II.	6 mm gehemmt	—	—
III.	—	—	—
IV.	2 mm gehemmt	—	—
V.	10 mm bakt.-frei	5 mm bakt.-frei	2 mm bakt.-frei
VI.	2 mm gehemmt	—	—
VIII.	—	—	—

Wie aus den Tabellen ersichtlich, zeigte das Heilzement (V) in beiden Fällen eine bakterizide Wirkung, die aber einmal nach 8 Tagen erloschen war, das andere Mal nach 4 Tagen, wie die Abb. 8 und 9 zeigen, wesentlich nachgelassen hatte. Bei den Silikaten I und IV und beim Amalgam VI konnte eine geringe bakterienfreie bis gehemmte Zone festgestellt werden, die aber schon nach 4tägiger Speichellagerung nicht mehr zur Ausbildung kam. Das Silikatzement II. zeigte das erste Mal erst nach 8 Tagen eine Beeinflussung des Bakterienwachstums, das zweite Mal nach einem

Tage eine ausgeprägt starke bakterienhemmende Wirkung, wie Abb. 10 und 11 zeigen. Abb. 11 zeigt das Silikatzement II nach 4tägiger Speichellagerung. Eine Hofbildung war nicht mehr zu erkennen.

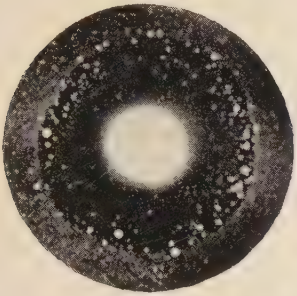

Abb. 8. Nach 28 Std.

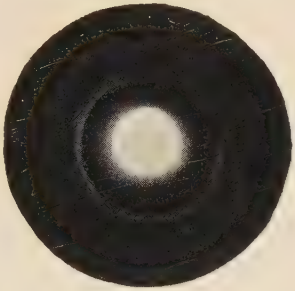

Abb. 9. Nach 4 Tagen.

Silikat V im angerührten Zustand zeigt ebenfalls starke Hofbildung (Gelatineversuch).

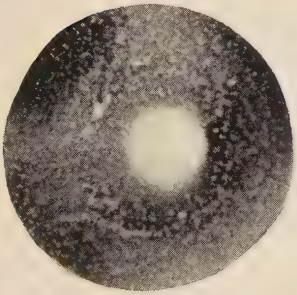

Abb. 10. Nach 48 Std.

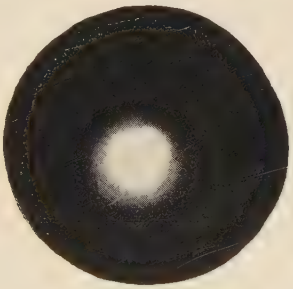

Abb. 11. Nach 4 Tagen.

Silikat II im angerührten Zustand zeigt nach 48 Std. eine ausgeprägt bakteriengehemmte Zone. Nach 4 Tagen nichts kenntlich.

Da uns diese Versuchsanordnung bzw. die Methode nicht allein genügte, da wir uns eine bessere Auswirkung der bakteriziden Kraft eines Stoffes vorstellten, wenn dieser sich in einem flüssigen Medium befindet, wo also geradezu die Flüssigkeit die Rolle des eigentlichen Überträgers dieser bakteriziden Wirkung darstellt, aus dieser Überlegung heraus fanden wir zu folender Versuchsmethode. In je eins von 8 sterilen Formalingläschen, die mit einem sterilen Verschluß versehen wurden, brachten wir zwei Probekörper normalen Mischungsverhältnisses, die aber vorher gründlich gesäubert wurden; hinzu kamen 10 ccm einer ver-

dünnten Coliaufschwemmung. Dann entnahmen wir jedem Gläschen mit einer sterilen Platinöse einen Tropfen der Aufschwemmung und brachten diesen in Nährbouillon, von hier auf das erste von 3 Gelatinerohrchen, von hier auf das zweite usw. Nach dem Ausgießen wurde die Gelatine zum Erstarren gebracht, um dann in einen Brutschrank (22° C) gebracht zu werden. Nach 2—4 Tagen wurden die gewachsenen Colikolonien gezählt. Damit die Bakterien möglichst mit allen Teilen der Versuchskörper in Berührung kamen, brachten wir die Formalingläschen in eine Schüttelmaschine. Der Versuch wiederholte sich 10 Tage lang jeden Tag. Dieselben Silikat- und Amalgamkörper kamen nach 23 Tagen nochmals 5 Tage lang zur Untersuchung, um festzustellen, ob die bakterizide bzw. bakterienhemmende Kraft nachgelassen hatte. Aus der Summe der gewachsenen Kolonien, verglichen mit den jenigen des Kontrollversuches, ließ sich nahezu ein Bild von der bakteriziden Wirkung der Silikatzemente und der Silberamalgame machen. Bei 2 Silikaten beobachteten wir eine Vermehrung der Keimzahl (II und IV) im Vergleich zur Kontrolle, was darauf zurückzuführen ist, daß von den zur Debatte stehenden Silikatkörpern feinste Teilchen abgesprungen und in Lösung gegangen waren. Die Folge war eine Veränderung des Aufschwemmungswassers zur alkalischen Seite; somit konnte eine Vermehrung der Bakterien ausgelöst werden. Bei den anderen Silikaten und den Amalgamen fanden wir, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, eine mehr oder weniger starke bakterizide Wirkung (Tab. VII u. VIII).

Tabelle VII.

I. Versuch. Untersuchung vom 1. bis 10. Tag.

Mat.	Gel.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe der Kolonien	
I.	a	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	5	11
II.	a	7	7	12	3	5	5	10	4	11	10	74	
	b	0	0	35	1	0	1	0	1	0	0	38	
	c	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	115
III.	a	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	10	
	b	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
IV.	a	4	0	1	47	50	42	33	54	109	93	433	
	b	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	8	
	c	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	443
V.	a	3	0	29	4	1	0	0	0	0	0	37	
	b	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
	c	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	47

Mat.	Gel.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe der Kolonien	
VI.	a	10	13	1	0	0						24	
	b	0	0	0	0	0						0	
	c	0	0	0	0	0						0	24
VII.	a	10	4	2	0	0	9	7	11	5	3	51	
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
	c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
VIII.	a	8	4	2	0	0	2	1	1	1	4	23	
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
Kontr.	a	4	2	7	5	7	7	7	11	4	15	69	
	b	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	7	
	c	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	5	81

Tabelle VIII.

II. Versuch. Untersuchung vom 23. bis 28. Tag.

Mat.	Gel.	1	2	3	4	5	Summe d. Kolonien	
I.	a	42	0	0	0	0	42	
	b	1	0	0	0	0	1	
	c	0	0	0	0	0	0	43
II.	a	41	48	141	118	49	397	
	b	0	0	2	0	0	2	
	c	0	0	0	0	0	0	399
III.	a	0	0	0	0	0	0	
	b	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	0	0	0	0	0
IV.	a	38	15	42	27	46	168	
	b	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	0	0	0	0	168
V.	a	0	0	0	0	0	0	
	b	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	0	0	0	0	0
VI.	a	43	18	3	0	0	64	
	b	2	0	0	0	0	2	
	c	0	0	0	0	0	0	66
VII.	a	45	0	0	0	0	45	
	b	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	0	0	0	0	45
VIII.	a	14	0	0	0	0	14	
	b	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	0	0	0	0	14
Kontr.	a	41	118	64	31	90	344	
	b	0	0	0	0	0	0	
	c	0	0	0	0	0	0	344

Mat. = Material, Gel. = Gelatineplatten.

Die Prüfung der Säureabgabe wurde selbstverständlich nur mit den 5 zu untersuchenden Silikatzementen vorgenommen. Während die erste Prüfung erst nach 10 Tagen vorgenommen wurde, die Silikatkörper also schon 10 Tage in 10 ccm dest. Wassers gelegen hatten, wurde die zweite Prüfung nur bis zu 10 Tagen durchgeführt. Bei der ersten Prüfung hatten wir jedesmal 2 Probekörper eines jeden Zementes in 10 ccm dest. Wassers liegen; bei der zweiten Prüfung wurde nur ein Probekörper in die gleiche Menge Flüssigkeit gebracht. Die Körper wurden beim ersten Versuch alle 3 bis 5 Tage, beim zweiten Versuch anfänglich jeden Tag bis zum dritten Tag einschließlich, dann alle drei bis vier Tage in neues dest. Wasser gebracht, nachdem sie von dem alten gut getrocknet waren. Die Höhe der Säureabgabe wurde durch die Bestimmung des p_h-Wertes mit Hilfe der Versuchsanordnung von W a l p o o l und der Michaelisreihe festgesetzt. Auch bei der Prüfung der Säureabgabe nahmen wir jedesmal eine Kontrollmessung des verwendeten Wassers vor. Im Vergleich zu dieser Kontrollmessung fanden wir für das Silikat IV. im ersten Versuch nach 10 Tagen die stärkste Säureabgabe, während die anderen Silikate mehr oder weniger neutral waren. Nach 22 Tagen war gegenüber der Kontrollmessung keine Säureabgabe mehr festzustellen; die Wässer zeigten eher etwas alkalischen Charakter dem Kontrollwasser gegenüber (Tab. IX). Im zweiten Versuch fanden wir für das Silikat II. eine sehr starke Säureabgabe; die der anderen Silikatzemente war kaum beträchtlich, obwohl uns der Wert von Silikat IV. nicht ganz zu stimmen scheint. Am zweiten Tage war der Säureabgabe eine alkalische Reaktion des Wassers von Silikat II. und IV. im Vergleich zur Kontrolle gefolgt. Dieses Alkalischwerden des Wassers kann man so erklären, daß die erhöhte Säureabgabe am ersten Tage die oberflächlichen Schichten des Silikatkörpers zur Erweichung gebracht hatte. Diese erweichten Massen wiederum wurden an das umgebende Wasser abgegeben und verursachten bei den Silikaten II. und IV. noch nach 10 Tagen eine Trübung des Wassers. Auch lagen die p_h-Werte dieser beiden Wässer immer höher als derjenige des Kontrollwassers. (Aus folgenden Tabellen IX und X sind die p_h-Werte der den einzelnen Silikatzementen zugehörigen Wässer zu ersehen.)

Tabelle IX.

I. Versuch. Säureabgabe nach Tagen.

Material	10	15	18	22	26
I.	6,0	6,1	6,1	5,85	6,0
II.	5,9	6,3	6,2	6,15	6,2
III.	6,1	6,2	6,0	6,1	6,2
IV.	5,2	5,55	5,8	5,80	5,8
V.	5,8	6,1	6,0	6,0	6,1
Kontrolle	5,9	6,0	5,95	5,8	6,3

Tabelle X.

II. Versuch. Säureabgabe nach Tagen.

Material	1	2	3	7	10
I.	5,6	5,75	5,85	5,85	5,85
II.	4,0	6,25	6,4	6,4	6,4
III.	5,4	5,8	5,9	5,95	6,05
IV.	5,4	6,4	6,3	6,3	6,2
V.	5,4	5,8	5,9	5,8	5,8
Kontrolle	5,65	6,95	5,95	5,9	5,8

Über die Beziehung zwischen bakterizider Wirkung und Säureabgabe der Silikatzemente läßt sich unseres Erachtens nur da etwas sagen, wo beide Eigenschaften, Bakterizidie und Säureabgabe, noch ziemlich gut erkennbar sind, und das trifft, wenn man sich die Ergebnisse der diesbezüglichen Untersuchungen nochmals vor Augen hält, nur in den ersten Tagen dieser Untersuchungen zu. Für das Silikat II. fanden wir, wie auch die Abb. 10 zeigt, eine stark ausgeprägt bakterienhemmende Wirkung (Gelatineversuch) nach 24 Stunden. Nach der gleichen Zeit fanden wir für das gleichnamige Silikatzement eine sehr hohe Säureabgabe, wie aus der Tabelle X zu ersehen ist. Diese bakterienhemmende Wirkung war mit demselben Zeitpunkt erloschen, als auch eine Säureabgabe nicht mehr festzustellen war.

Wie schon gesagt, kamen die Silikatkörper, die zur Prüfung der Bakteriendurchlässigkeit herangezogen wurden, nach 20-minütigem Abbinden in Speichel, waren aber vorher mit einer Lackschicht versehen worden. Diese Lackschicht wurde nach 24 Stunden entfernt, und die Probekörper gelangten wiederum in Speichel und, wie auch schon an anderer Stelle erwähnt, für eine Dauer von 4 Wochen. Diese Zeit von 4 Wochen ist bei den Silikatzementen nicht willkürlich gewählt, sondern nach dieser Zeit haben die Silikate eine nahezu 100%ige Abbindung erreicht. Außer-

dem ist diese Zeit aus dem Grunde der Säureabgabe schon notwendig, die möglichst ausgeschaltet werden sollte. Bei den Amalgamen ist diese Zeit aus praktischen Gründen gewählt, da bei diesen die Zeitverhältnisse keine gewichtige Rolle spielen.

Nach 4wöchiger Speichellagerung wurden die Probekörper gereinigt und in eine Umgebung gebracht, in der eine Feuchtigkeit herrschte, die der des Mundes nahezu gleichkommt, und zwar kam eine Feuchtigkeitsschale zur Anwendung, die eine Höhe von 4 cm hatte und bis zu 2 cm mit Wasser gefüllt war. Die Probekörper selbst wurden in Lochungen einer runden Metallscheibe, die auf einem Dreifuß ruhte, befestigt (Abb. 12). Nach Beimpfung

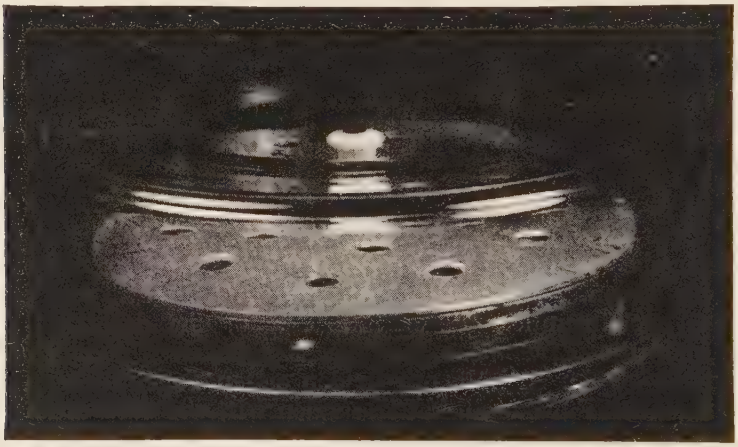

Abb. 12 zeigt Versuchsanordnung.

mit einer Bakterienaufschwemmung, die bis zum Rande der näpfchenförmigen Vertiefungen gefüllt wurde, gelangte die Schale in eine Brutkammer mit 37° C Temperatur. Als Testbakterien verwandten wir das Bakterium Coli und einen Sporenbildner, nämlich Heubazillen. An Stelle der Heubazillen kam beim zweiten Versuch ein apathogenes, aerobes, ebenfalls sporenbildendes, grampositives Stäbchen zur Anwendung. Als Aufschwemmungsmittel benötigten wir physiologische Kochsalzlösung, von der aber beim zweiten Versuch Abstand genommen wurde, da sich eine dünne Schicht Kochsalz am Boden der Vertiefungen im Laufe von 14 Tagen — denn so lange dauerte die Beimpfung — abgesetzt hatte. Um dieses mechanische Hindernis für das Eindringen der Bakterien auszuschalten, wurde beim zweiten Versuch die Aufschwem-

mung mit dest. Wasser zubereitet. Aus denselben Erwägungen einer mechanischen Hinderung heraus kam auch eine sterile Nährbouillon, wie S t r e i c h sie als Aufschwemmungsmittel anwandte, nicht zur Anwendung. Die Aufschwemmungen an und für sich wurden nicht zu dicht gewählt, sie schwankten zwischen $0{,}6 \times 10^{11}$ cm³ bis 3×10^{11} cm³ (Coli). Es ist verständlich, daß eine Vermehrung der Bakterien in den von uns verwendeten Aufschwemmungsmitteln nicht stattfand, eher ein Absterben. In allen Fällen war noch am letzten Tag der Beobachtung (14. Tag) Bewegung im hängenden Tropfen. Ob diese Bewegung eine Lebensäußerung der Keime darstellt, wollen wir allerdings nicht entscheiden.

Nachdem die Probekörper jeden Tag neubeimpft wurden, falls der Stand der Aufschwemmung durch Einziehen oder durch Verdunsten gesunken war, wurden dieselben nach 14 Tagen der Feuchtigkeitsschale entnommen, und zwar ein Probekörper nach dem anderen und, nachdem sie gut gereinigt, an der der Impfstelle entgegengesetzten Seite mit sterilen Bohrern in übereinanderliegenden Schichten angebohrt, bei den Silikatkörpern im ersten Versuch in drei Schichten, im zweiten Versuch und bei allen Amalgamkörpern in zwei übereinanderliegenden Schichten. Außerdem wurde im zweiten Versuch noch eine Kontrollbohrung vorgenommen, und zwar wurden die näpfchenförmigen Vertiefungen angebohrt. — Der Bohrstaub gelangte zunächst in Bouillon aus Gründen der Anreicherung etwa vorhandener Testbakterien; von der Bouillon fand ein Ausstrich mit einer sterilen Platinöse auf festen Nährboden statt. War Coli auf dem Spezialnährboden „Endo", erkenntlich durch das rote Wachstum, gewachsen, so wurde, um die Diagnose auf Coli einwandfrei stellen zu können, noch eine Überimpfung einer gewachsenen Kolonie auf Neutralrotagar, Lakmusmolke und Trypsinbouillon vorgenommen. Heubazillen und die anderen grampositiven, sporenbildenden Testbazillen konnten wir einmal durch das Wachstum und letztlich durch ein Grampräparat als solche identifizieren. Die Bakterien, die im Kontrollbohrstaub vorgefunden wurden, waren dieselben, die auch bei mehreren Probekörpern im Bohrstaub der verschiedenen Schichten gefunden wurden. — Den Bohrstaub direkt auf einen festen Nährboden zu bringen, wie es S t r e i c h vornahm, halten wir nicht für eine ganz einwandfreie Methode; denn es besteht die Möglichkeit, daß Bakterien wohl im Bohrstaub vorhanden sind, aber nicht mit dem Nährboden in Berührung kommen, folglich nicht zum Wachstum die Möglichkeit finden. — Hatten wir Coli im Bohrstaub gefunden, so konnte mit Gewißheit gesagt werden, daß diese wirklich aus dem Bohrstaub stammten,

während die sporenbildenden Testbakterien auch aus der Luft in die während des Bohrens geöffneten Bouillonröhrchen als Sporen gelangt sein konnten. Aus diesem Grunde gingen wir beim Bohren besonders vorsichtig zu Werke. — Es soll noch nachträglich erwähnt werden, daß die Bouillon und auch der feste Nährboden 48 Stunden in einer 37° C-Brutkammer aufbewahrt wurden.

Die Ergebnisse der Bakteriendurchlässigkeitsprüfung sind aus folgenden Tabellen XI und XII ersichtlich, in denen negativ Bakteriendichte, positiv das Gegenteil bedeutet.

Tabelle XI.

I. Versuch der Durchlässigkeitsprüfung für Coli- und Heubazillen.

Mat.	beimpft	mit Coli									mit Heubazillen								
	Bohrung	M. normal			M. dünn			M. dick			M. normal			M. dünn			M. dick		
	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I.	0—2	—			—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+
	2—4	—			—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	+	+	+
	4—6	—			—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—	+	+	+
II.	0—2	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2—4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4—6	+	—	—	—	—	+	—	+	—	—	+	+	—	—	—	+	—	—
III.	0—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2—4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4—6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV.	0—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2—4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4—6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V.	0—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2—4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4—6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI.	0—2	—	—		—	—		+	+		+	—		—	+		+	+	
	2—4	—	—		+	—		—	+		—	+		—	—		—	—	
VII.	0—2	+			—	—		+	+		—	—			—		+	+	
	2—4	—			—	—		+	+		—	—		—	—		+	+	
VIII.	0—2	—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—	
	2—4	—	—		—	+		—	—		—	—		—	+		+	—	

Tabelle XII.

II. Versuch der Durchlässigkeitsprüfung für Coli- und Heubazillen.

Mat.	beimpft	mit Coli					mit Heubazillen				
	Bohrung	M. n.	M. dünn		M. dick		M. n.	M. dünn		M. dick	
	mm	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
I.	0—2	—	+	—	—	—	—	—	+	+	+
	2—4	—	—	+	—	—	—	+	+	+	+
	Ko.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
II.	0—2	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+
	2—4	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+
	Ko.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
III.	0—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2—4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ko.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IV.	0—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2—4	—	—	—	—	—	—	—		—	—
	Ko.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V.	0—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2—4	—	—	—	—	—	—	—		—	—
	Ko.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
VI.	0—2	—		+		—	—		—		—
	2—4	—		+		—	—		—		—
	Ko.	+		+		+	+		+		+
VII.	0—2	—		—		—	—		—		+
	2—4	—		—		—	—		—		+
	Ko.	+		+		+	+		+		+
VIII.	0—2	—		—		—	—		—		—
	2—4	—		+		—	—		—		—
	Ko.	+		+		+	+		+		+

Mat. = Material, Ko. = Kontrollbohrung.

Auffallend ist für beide Versuche die erhöhte Durchlässigkeit bzw. das erhöhte Eindringen der Heubazillen beim Silikat I, im ersten Versuch für alle drei Mischungsverhältnisse, im zweiten Versuch für das Mischungsverhältnis dünn und dick. Ein derartig gehäuftes Eindringen ist natürlich nicht auf Fehler beim Bohren zurückzuführen. Das Ergebnis ist so zu erklären, daß die Bakterien wohl in die Silikatkörper eindringen, hier aber zum Absterben kommen, wie es scheinbar in diesem Falle für das Coli zutrifft; oder aber, daß sie, wie es unserer Ansicht nach bei den Heubazillen der Fall ist, zur Sporenbildung angeregt werden. — Beim Silikat II. fanden wir bei der zweiten Untersuchung ähn-

liche Ergebnisse. Die Silikatzemente III., IV. und V. sind als bakteriendicht anzusehen, wenn auch hin und wieder in einer Bohrung Bakterien nachgewiesen wurden, die sich aber bei der Identifizierung nicht als die für die Untersuchung angewandten Testbakterien erwiesen. Bei den Amalgamen fanden wir Bakteriendichte bis auf das Mischungsverhältnis dick im ersten Versuch, wo wir mehr oder weniger ein Eindringen der Testbakterien feststellen konnten. Für den Praktiker ist von diesen Ergebnissen von Wichtigkeit, daß die Silikatzemente normal angerührt bakteriendicht sind. Sobald aber eine Änderung des Mischungsverhältnisses zur dünnen oder dicken Seite hin stattfindet, büßen die Silikatzemente und auch die Silberamalgame an Zuverlässigkeit ein. Ist eine Füllung porös, so ist selbstverständlich ein Eindringen und ein Durchdringen von Bakterien unter den für die Bakterien günstigeren Bedingungen im Munde durch das poröse Füllungsmaterial nicht ausgeschlossen.

Zusammenfassend soll gesagt werden, daß

1. sich die Silikatpulver ohne Zusatz neutral gegenüber den Bakterien verhalten, eher eine bakterienfördernde Wirkung zeigen,

2. das Pulver des Heilzementes eine ausgesprochen bakterizide Wirkung zeigt, die aber durch Auslaugen des zugesetzten Antiseptikums rasch an Kraft nachläßt,

3. die Säuren eine ausgeprägt starke bakterizide Wirkung besitzen,

4. die bakterizide Wirkung abgebundener Silikatzemente und Silberamalgame bei ersteren auf die Säureabgabe, bei den Silberamalgamen auf die oligodynamische Wirkung zurückzuführen ist,

5. die Bakteriendurchlässigkeit vom Mischungsverhältnis abhängig ist, und zwar bei den Silikaten I. und II. und bei allen untersuchten Amalgamen, während bei den Silikaten III., IV. und V. diese Abhängigkeit nicht zutrifft. Bei normal angerührten Silikaten und Silberamalgamen halten wir ein Durchdringen von Bakterien bei der augenblicklichen Dichte dieser Füllungsmaterialien für ausgeschlossen.

Literaturverzeichnis.

1. Bertzbach, K.: Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhlen. Z. R. 1929. S. 502.
2. Dieck: Über die methodische Untersuchung der Silikatzemente. D. M. f. Z. 1922.
3. Diener, A.: Plastische Füllungsmaterialien. D. z. W. 1937. S. 1043.
4. Gäbler, H.: Die Wirkung von Zahnzementen und gewisser Zusätze auf die Bakterien. In.-Diss. Leipzig. 1935.
5. Gerlach: Studie über Zemente als Füllungsmaterial. D. z. W. 1937. S. 144.
6. Hauch, G.: Untersuchungen über physikalisch-chemische Eigenschaften einiger bekannter zahnärztlicher Amalgame auf Grund neuer Versuchsmethoden. In.-Diss. 1922. Göttingen.
7. Heinroth, H.: Über die bakterizide Kraft einiger Zemente. D. M. f. Z. 1924. S. 278.
8. Klie, W.: Caries in vitro. In.-Diss. Göttingen. 1937.
9. Kulka, M.: Über die wichtigsten mechanischen und einige chem. Eigenschaften der Silikat- und Zinkphosphatzemente. Oe. U. V. f. Z. 1907. S. 568.
10. Linke, F.: Über die Raumbeständigkeit der Füllungszemente. In.-Diss. Leipzig. 1936.
11. Löbich, O.: Mörser oder Mischmaschine. D. z. W. 1933. H. 49.
12. Meister, B.: Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhlen. Z. R. 1929. S. 2032.
    Bemerkungen zu der Arbeit Csernyeis. Z. R. 1929. Nr. 49.
13. Proell: Experimentelle Untersuchungen über die Ursache des Zahnpulpatodes, nebst theoretisch-praktischen Studien über Zemente und andere Füllmaterialien. D. M. f. Z. 1913. S. 81.
14. Roth, E.: Ein Beitrag zu der Arbeit von Prof. A. Seitz und B. Weigele. D. M. f. Z. 1921. S. 463.
15. Schmidt, O.: Über Einfluß des Dosierungsverhältnisses von Pulver und Säure bei dem neuen Degussazement mit Phosphatzement vergleichend. In.-Diss.
16. Seitz u. Weigele: Experimentelle Beiträge zu den Zahnfüllungsmethoden. D. M. f. Z. 1920. S. 441.
17. Sprungmann: Zur Chemie und Physik der Silikatzemente. D. M. f. Z. 1923.
18. Streich: Prüfung der Farbdurchlässigkeit und Bakteriendurchlässigkeit einiger Füllmaterialien. In.-Diss. Leipzig. 1936.

An dieser Stelle erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. H. H. Rebel für die Stellung dieses Themas meinen ergebensten Dank zu sagen. Außerdem bleibt mir die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. F. Schütz, dem Leiter des Hygienisch-Bakteriologischen Institutes Göttingen, wo ich meine Hauptversuche anstellte, für die überaus lehrreichen Anregungen und freundlichen Unterstützungen bei meinen Versuchen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Herrn G. Busse, Präparator am hiesigen Mineralogisch-Petrographischen Institut, spreche ich für die sorgfältige Anfertigung der Dünn- und Anschliffe meinen besten Dank aus.

Lebenslauf.

Am 20. 2. 1911 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Moritz Homborg und dessen Ehefrau Franziska geb. Schmitz zu Bochum geboren. Nach 6jährigem Besuch der kath. Volksschule in meiner Heimatstadt besuchte ich daselbst die Oberrealschule. Die Reifeprüfung bestand ich Ostern 1933 an der Hittorf-Oberrealschule zu Recklinghausen. Vom S. S. 1933 bis zum W. S. 1934/35 studierte ich an der Georgia Augusta zu Göttingen Zahnmedizin, in welcher Zeit, im November 1934, ich mein Physikum absolvierte. Nach ½jähriger Arbeitsdienstzeit setzte ich im W. S. 1935/36 mein Studium der Zahnmedizin in Göttingen fort und erhielt im Mai 1937 die Approbation als Zahnarzt.

Karl-August Homborg.